Вестник Донского государственного технического университета. 2020. Т. 20, № 2. С. 150–154. ISSN 1992-5980 eISSN 1992-6006
Vestnik of Don State Technical University. 2020. Vol. 20, no. 2, pp. 150–154. ISSN 1992-5980 eISSN 1992-6006

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ
MACHINE BUILDING AND MACHINE SCIENCE



УДК 62-192 https://doi.org/10.23947/1992-5980-2020-20-2-150-154

Моделирование интегрального показателя качества автомобиля

С. В. Теплякова, А. А. Котесова, Н. Н. Николаев
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Введение. Работа посвящена сравнению и оценке качества легковых автомобилей с использованием математического моделирования интегрального показателя качества. Цели работы:

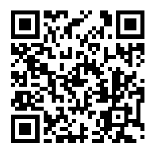
- разработка метода математического моделирования интегрального показателя качества;
- составление поэтапной последовательности оценки качества;
- анализ наиболее распространенных на отечественном рынке марок легковых автомобилей;
- подведение итогов и обоснование полученного результата.

Материалы и методы. Предложена последовательность моделирования интегрального показателя качества. Проведено численное моделирование на примере шести марок легковых автомобилей, наиболее распространенных на отечественном рынке.
Результаты исследования. Разработан метод моделирования интегрального показателя качества. Описана поэтапная последовательность проведения анализа. Предложена аддитивная форма определения интегрального показателя качества, позволяющая объединять в процессе сравнения единичные, не связанные между собой показатели качества в комплексный показатель.
Обсуждение и заключения. Представленные предложения могут быть использованы при оценке и диагностике конкурентоспособности не только автомобилей, но и других товаров, обладающих большим набором независимых друг от друга показателей качества.

Ключевые слова: моделирование, интегральный показатель, требования качества, автомобиль, технические характеристики, аддитивный метод, коэффициент весомости.

Образец для цитирования*:* Теплякова, С. В. Моделирование интегрального показателя качества автомобиля / С. В. Теплякова, А. А. Котесова, Н. Н. Николаев // Вестник Донского государственного технического университета. — 2020. — Т. 20, № 2. — С. 150–154. https://doi.org/10.23947/1992-5980-2020-20-2-150-154

Car integral performance index simulation



S. V. Teplyakova, A. A. Kotesova, N. N. Nikolaev
Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

*Introduction.*The paper is devoted to the comparison and evaluation of the quality of a car using the method of mathematical simulation of the integral performance index. The work objectives were to develop a mathematical modeling technique for the integral performance index, to draw up a step sequence of quality assessment, to analyze most common brands of passenger cars on the domestic market, to sum up and validate the result obtained.
Materials and Methods. The sequence of simulating the integral performance index is proposed. Numerical modeling of the integral performance index is carried out on the example of six most common brands of passenger cars on the domestic market.
Results. A method of modeling the integral performance index is developed. A step sequence of the analysis is described. An additive form of determining the integral performance index which provides combining single, unrelated quality indices into a complex indicator in the process of comparison is proposed.
Discussion and Conclusions. The proposals presented can be used in the process of assessing and diagnosing the competitiveness of not only cars, but also of other products with a large set of independent quality indicators.

Keywords*:* modeling, integral index, quality requirements, motor car, performance specifications, additive method, weight coefficient.

For citation: S. V. Teplyakova, A. A. Kotesova, N. N. Nikolaev. Car integral performance index simulation. Vestnik of DSTU, 2020, vol. 20, no. 2, pp. 150–154. https://doi.org/10.23947/1992-5980-2020-20-2-150-154

Введение. Для получения, систематизации, описания и применения наработанных знаний и информации в любой сфере деятельности наиболее широко применяется универсальный метод моделирования. Математическое моделирование систематически подкрепляется и актуализируется во многих областях наук. Математическое моделирование позволяет объединять наработанные знания и реальные процессы, в том числе мыслительные [1], объединять возможности воспроизведения свойств реального или создаваемого объекта, процесса или явления с применением другого объекта, процесса или явления.

Качество является совокупностью потребительских свойств, не связанных между собой техническими характеристиками, которые должны удовлетворять текущим и перспективным потребностям [2]. При этом можно проследить тесную взаимосвязь качества с требованиями. Требования — это конкретные особенности и условия, соответствующие потребительским предпочтениям в течении всего срока эксплуатации. Требования к товару закладываются еще на стадии проектирования [3, 4].

Однако, качество и требования имеют некоторое несоответствие [5, 6]. Особенно это проявляется в несоответствии заявленных технических качеств товара и требований, предъявляемых потребителями. Это объясняется постоянным изменением требований потребителей, зависящих от технического прогресса, а также финансового и культурного состояния населения.

В зависимости от количества характеризуемых свойств и от их влияния на качество изделия показатели качества подразделяются на единичные и комплексные. Единичный показатель позволяет охарактеризовать одно свойство или одну зависимость качества от технико-эксплуатационной характеристики, тогда как комплексный показатель объединяет несколько характеристик. Существует понятие прямых и обратных показателей. Увеличение прямых показателей приводит к повышению качества, увеличение обратных показателей — к понижению [7].

Проанализировав классификацию показателей качества продукции (рис. 1), можно делать вывод о том, что интегральный показатель является частным случаем комплексного показателя. Интегральный показатель качества характеризует отношение суммарного полезного эффекта при эксплуатации данного продукта к суммарным затратам на его приобретение, эксплуатацию или потребление [8].

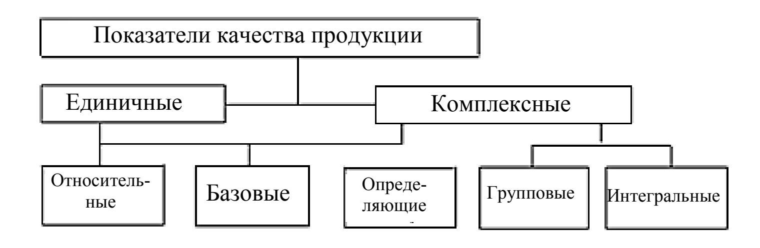


Рис. 1. Классификация показателей качества продукции

Метод моделирования интегрального показателя качества изделий. Определение качественного показателя на примере легкового автомобиля осуществляется в последовательности:

- постановка цели;
- подбор прототипов для сравнения и выбора оптимального варианта;
- подбор параметров, характеризующих изделие с позиции потребителя;
- определение усредненных значений показателей качества;
- объединение усредненных данных в один показатель для каждой марки;
- анализ полученных интегральных показателей всех прототипов;
- принятие решений по управлению уровнем качества продукции.

Наибольшие трудности представляют подбор характеристик и получение усредненных значений этих данных [9], так как нет известных методов формирования списка показателей качества и трансформации каждого показателя в числовую форму. Для определения интегрального показателя качества широко применяют его аддитивную форму, т. е. средневзвешенное суммирование, позволяющее объединять единичные, не связанные между собой показатели качества в комплексный показатель. Его применяют в случаях принятия решения по экономически наиболее выгодному варианту, если на рынке представлено несколько прототипов.

То есть, данный метод является наиболее подходящим для моделирования интегрального показателя качества автомобиля.

Формула для расчета комплексного интегрального показателя [10]:

$$K_i = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \cdot \bar{X}_i,$$

где α_i — коэффициент весомости i-го параметра; $\bar{X}_i$ — усредненный показатель качества по i-му параметру; n — число параметров для сравнения.

Для определения коэффициента весомости применяется экспертный метод в соответствии с выражением:

$$\sum_{i=1}^{n} \alpha_i = 1,0.$$

Алгоритм применяемых расчетов можно проследить на примере выбора оптимального варианта приобретения легкового автомобиля (рис. 2).

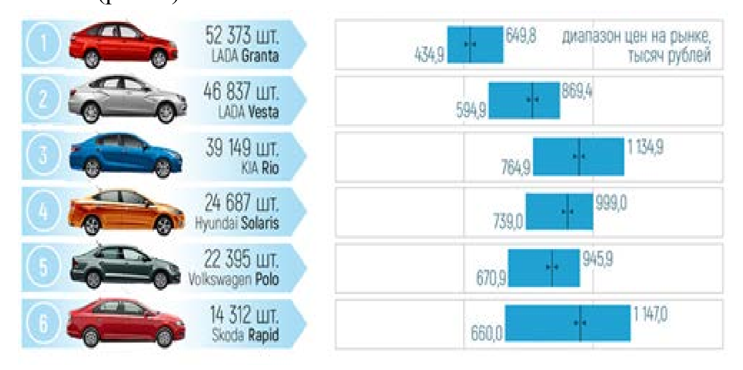


Рис. 2. Популярные автомобили типа седан отечественного рынка

Анализу подвергались легковые автомобили, наиболее продаваемые на отечественном рынке. Иерархия осуществлена по ценовой характеристике.

Результаты исследования. Для чистоты эксперимента сравнивались шесть автомобилей с кузовом типа седан в одной ценовой категории. Показателей качества несколько десятков, в расчетах же рассчитан интегральный показатель для 6-ти групп основных (с точки зрения потребителя) показателей качества. Исходные данные для расчета приведены в табл. 1. На практике применения подобных оценок качества можно учитывать разное количество характеристик, даже с учетом того, что многие них имеют достаточно противоречивое влияние на качество и по своей физической сущности являются весьма сложными для их количественной оценки.

Таблица 1

Исходные данные для расчета интегрального показателя качества автомобилей

Параметр автомобиля	Модель					
	Lada Granta	Hyundai Solaris	Skoda Rapid	Kia Rio	Lada Vesta	Volkswagen Polo
Цена, тыс. руб	580	750	680	640	600	690
Пробег, тыс. км	50	75	57	26	53	50
Расход топлива, л	7,2	8,3	8,5	6,4	8,7	8,0
Мощность, кВт	72,07	90,50	80,91	73,50	78,00	80,91
Клиренс, мм	170	160	136	160	171	163
Время разгона, с	11,5	11,0	10,0	13,1	12,8	11,7

Промежуточным этапом вычислений является получение усредненных значений 6-ти рассматриваемых показателей качества для каждой модели Коэффициент весомости определяется по методу экспертной оценки, где человеческий фактор (личностные предпочтения) также играет немаловажную роль при оценке и существенно влияет на итоговое значение интегрального показателя качества сравниваемых седанов. Результаты расчета представлены в табл. 2.

Таблица 2

Расчетные параметры качества автомобилей

Показатель качества	Модель					
	Lada Granta	Hyundai Solaris	Skoda Rapid	Kia Rio	Lada Vesta	Volkswagen Polo
Место по объему продаж	1	4	6	3	2	5
Коэффициент весомости	0,11	0,15	0,25	0,15	0,14	0,20
Интегральный показатель качества	0,32	0,32	0,71	0,48	0,33	0,49
Место по коэффициенту качества	5	5	1	3	4	2
Конкурентоспособность	$55 \cdot 10^{-5}$	$42 \cdot 10^{-5}$	10^{-3}	$75 \cdot 10^{-5}$	$55 \cdot 10^{-5}$	$71 \cdot 10^{-5}$

Таким образом, максимальный интегральный показатель качества принадлежит автомобилю Skoda Rapid и составляет 0,71. Вместе с тем значения коэффициента качества остальных сравниваемых автомобилей, находящихся в одном ценовом диапазоне, отличаются незначительно. Значения коэффициента конкурентоспособности сравниваемых седанов получены отношением коэффициента качества к стоимости автомобиля. Этот показатель также максимален для Skoda Rapid, что объясняется тем, что покупатель данного автомобиля на одну денежную единицу приобретает больше качества, чем покупатели сравниваемых прототипов.

Обсуждение и заключения. Фиксация информации об объекте исследования или проектирования для хранения и передачи в пространстве или во времени требует применения математического моделирования. Моделирование направлено на построение, совершенствование, изучение и применение моделей реально существующих или проектируемых объектов для последующей оценки их конкурентоспособности. Интегральный показатель качества является одним из унифицированных показателей, способных реализовать сравнение показателей даже с противоречивым влиянием на качество.

Библиографический список

1. Математическое моделирование надежности машин / С. В. Теплякова, А. В. Черпаков, В. В. Косенко, Е. Е. Косенко // International Conference on «Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications» (PHENMA 2016): Abstracts&Schedule, 19–22 July, 2016. ― Surabaya, Indonesia, 2016. ― P.268.

2. Анализ требований для обеспечения абсолютной безотказности машин / С. В. Теплякова, А. В. Черпаков, В. В. Косенко, Е. Е. Косенко // International Conference on «Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications» (PHENMA 2016): Abstracts&Schedule, 19–22 July, 2016. ― Surabaya, Indonesia, 2016. ― P.267.

3. Саати, Т. Аналитическое планирование. Организация систем / Т. Саати, К. Кернс. — Москва : Радио и связь, 1991. — 224 с.

4. Определение параметров закона Вейбулла / С. В. Теплякова, А. А. Котесова, Ф. С. Копылов, В. С. Крымский // Научная жизнь : [сайт]. — 2019. — Т. 14, № 2. — С. 14–18. — URL: http://www.sced.ru/ru/index.php?option=com_content&view=article&id=722:nauchnaya-zhizn-02-2019&catid=39&Itemid=156 (дата обращения: 19.12.2019).

5. Эффективность диагностики автомобилей с электронными блоками управления / А. И. Недолужко, И. И. Смирнов, А. А. Котесова, С. В. Теплякова. // Качество в производственных и социально-экономических системах : сб. тр. 7-й междунар. науч.-техн. конф. — Курск : Изд-во Юго-Зап. ун-та, 2019. — Т. 2. — С. 9–12. — URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37536406 (дата обращения: 04.05.2020).

6. Касьянов, В. Е. Методы обеспечения абсолютной безотказности деталей машин / В. Е. Касьянов, С. В. Теплякова // Интернет-журнал «Науковедение». — 2013. — № 3. URL: https://naukovedenie.ru/PDF/39trgsu313.pdf (дата обращения: 04.05.2020).

7. Федюкин, В. К. Методы оценки и управления качеством промышленной продукции : учебник для вузов / В. К. Федюкин, В. Д. Дурнев, В. Г. Лебедев. — Москва : Филинъ Рилант, 2001. — 328 с.

8. Фатхутдинов, Р. А. Конкурентоспособность: экономика, стратегия, управление / Р. А. Фатхутдинов. — Москва : ИНФРА-М, 2000. — 312 с.

9. Касьянов, В. Е. Теоретические основы обеспечения абсолютной безотказности деталей за заданный ресурс / В. Е. Касьянов, С. В. Теплякова. // Современный научный вестник. — 2015. — Т. 1, № 2. — С. 59 – 70.

10. Колесов, И. М. Качество и экономичность продукции / И. М. Колесов, Н. А. Сычева // Стандарты и качество. — 2000. — № 9. — С. 70–72.

Поступила в редакцию 02.04.2020
Запланирована в номер 23.04.2020

Об авторах:

Теплякова Светлана Владимировна, доцент кафедры эксплуатация и логистика транспортных систем, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, ResearcherID: AAL-7931-2020, ORCID: https: //orcid.org/0000-0003-4245-1523, svet-tpl@yandex.ru

Котесова Анастасия Александровна, доцент кафедры эксплуатация и логистика транспортных систем, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, ResearcherID: AAL-7301-2020, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7663-1288, a.kotesova@mail.ru

Николаев Николай Николаевич, доцент кафедры эксплуатация и логистика транспортных систем, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, ResearcherID: AAL-7111-2020, ScopusID 57204675106, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2087-0233, nnneks@yandex.ru

Заявленный вклад соавторов

С. В. Теплякова — формирование основной концепции, целей и задач исследования, проведение расчетов, получение данных, их анализ и интерпретация. А. А. Котесова — подготовка текста, формирование выводов и первой версии статьи. Н. Н. Николаев — анализ результатов исследований, доработка текста окончательной версии статьи перед ее подачей для публикации.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.